



TITLE:

生態系の保全・再生プランを設計  
する：レジリアンスに基づいた複雑  
系の管理理論 (生物現象に対するモ  
デリングの数理)

AUTHOR(S):

谷内, 茂雄

---

CITATION:

谷内, 茂雄. 生態系の保全・再生プランを設計する：レジリアンスに基づいた複雑系の管理理論 (生物現象に対するモデリングの数理). 数理解析研究所講究録 2011, 1757: 1-2

ISSUE DATE:

2011-08

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/171308>

RIGHT:

## 生態系の保全・再生プランを設計するーレジリアンスに基づいた複雑系の管理理論ー

谷内茂雄

京都大学生態学研究センター

Shigeo YACHI

Center for Ecological Research, Kyoto University, Otsu 520-2113, Japan

yachi@ecology.kyoto-u.ac.jp

生息地破壊、富栄養化、乱獲など人間の活動が引き起こす環境問題の広がりをきっかけに、1990年代以降、生態系、生態系と社会の関係、そして生態系管理の見方・考え方に大きな変革がおこった。本セッションでは、この潮流の中から生まれてきた、複雑系科学と持続可能な社会構築の視点に立った「レジリアンス・アプローチ」と呼ばれる新しい生態系の管理理論のエッセンスを、講義と事例（湖沼生態系）の論文輪読によっておこなった。

セッションでは、まず背景となる 1990 年代以降の環境問題の国際的動向、特にミレニアム生態系アセスメントによる生態系サービスの考え方、生態学における生物多様性－生態系機能の研究を共通のバックグラウンドとして紹介した後、レジリアンス・アプローチを説明した。このアプローチは、レジームシフト（regime shift）と呼ばれる生態系の大きな変化を前提に、レジリアンス（resilience）とよぶ広義の復元力概念を基盤として、複雑系である生態系の管理方策を提案する。数学的には、生態系の挙動を力学系（主に常微分方程式）として記述し、生態系の複数の安定な状態（レジーム）を多重安定平衡点に対応させる。特に生態系サービスの視点から望ましいとする生態系の状態に着目し、その状態が人間活動や外部攪乱によって別の状態へとシフトすることを、レジームシフトと呼ぶ。この生態系の応答が、力学系の持つ非線形性によって、不連続な変化や履歴（hysteresis）を伴う場合には、いったんレジームシフトがおこると生態系サービスの供給が大きく変わったり、もとの状態に戻すことが非常に難しくなる。

レジリアンスとは、外部からのストレス（攪乱）に対して、生態系が自身の健康状態を維持するための、いわば基礎体力（頑健性・復元力）の大きさのことである。レジリアンスが高ければ、大きな外部攪乱にもレジームシフトを起こさずに耐えられるが、レジリアンスが低ければ、ちょっとした外部攪乱でも生態系サービスの劣化した状態に移移してしまう。したがって、レジリアンスからの生態系保全・再生の考え方の基本とは、現在の生態系が望ましい状態（健康状態）にあるならば、少々の攪乱に対しても、その健康状態を維持できるようにあらかじめ基礎体力をつけておく（レジリアンスを高めておく）ことなのである。そのためには、レジリアンスを低下させる人間活動をつきとめ、その影響を低減することが不可欠となる

資料として取り上げた論文[1]は、陸域からの人間活動によるリン流入に対する湖沼生態系の応答を、湖底からのリンのリサイクルおよび水草と植物プランクトンの光競争のプロセス、湖沼の形状（平均深さ、面積など）、平均水温などの代表的で測定可能なパラメータ

を取り入れてモデル化し、特にレジームシフトの条件を決める主要因に焦点を当てて解析したものである。バックグラウンドとしての総説[1], [2]を踏まえたうえで、複雑系管理への数理的方法の有効性・将来性を感じ取ってもらうことを目標に、論文[1]の輪読を行った。

#### 参考文献

- [1] Genkai-Kato M., Carpenter S.R., 2005. Eutrophication due to phosphorus recycling in relation to lake morphometry, temperature, and macrophytes. *Ecology*, **86**: 210–219.
- [2] Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C., Walker, B., 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, **413**: 591–596.
- [3] Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S., 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu Rev Ecol Evol Syst*, **35**: 557–81.